

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-252003

(43)Date of publication of application : 06.09.2002

(51)Int.Cl.

H01M 8/00

F23C 11/00

H01M 8/04

H01M 8/06

H01M 8/12

(21)Application number : 2001-047285

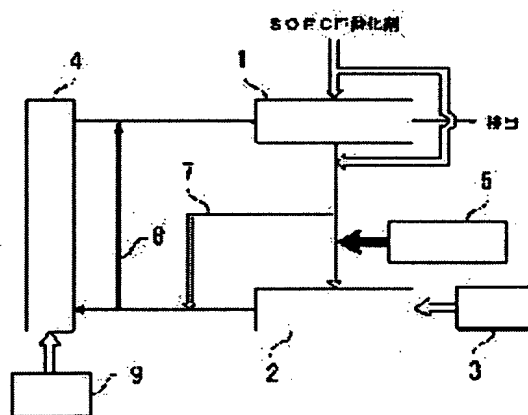
(71)Applicant : NIPPON STEEL CORP.

(22)Date of filing : 22.02.2001

(72)Inventor : AKITA SEIJI  
INOUE MAMORU  
YADORI KIYOMI  
ISHIBASHI YOICHI  
FUKUSHIMA GAKUO

## (54) COMBINED SYSTEM OF SOLID OXIDE TYPE FUEL CELL AND INDUSTRIAL PROCESS USING COMBUSTION

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a combined system and its operation method containing a solid oxide type fuel cell, which can respond flexibly to operation conditions and having excellent overall efficiency.**SOLUTION:** It is constituted that exhaust gas of the solid oxide type fuel cell is made an oxidizer for an industrial process using combustion, a recuperator, which heats the above oxidizer for the solid oxide type fuel cell by the exhaust gas using the above combustion of the industrial process, is prepared, and a heating means, which heats a line that bypasses the above recuperator, a line that bypasses the above solid oxide type fuel cell, a line that bypasses the above industrial process, or the above oxidizer for the solid oxide type fuel cell, is provided.

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

19.08.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3600798

[Date of registration] 24.09.2004

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPJ are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The combined system of the solid acid ghost form fuel cell characterized by coming to make the exhaust gas of a solid acid ghost form fuel cell into the oxidizer for industrial processes using combustion, and the industrial process using combustion.

[Claim 2] The combined system according to claim 1 characterized by coming to prepare the recuperator which heats said oxidizer for solid acid ghost form fuel cells with the exhaust gas of the industrial process using said combustion.

[Claim 3] The combined system according to claim 2 characterized by coming to prepare a means to supply low-temperature gas from said oxidizer for solid acid ghost form fuel cells discharged from said recuperator, between said recuperator and said solid acid ghost form fuel cell.

[Claim 4] A means to supply the gas of said low temperature is a combined system according to claim 3 characterized by being Rhine which bypasses said recuperator.

[Claim 5] A combined system given in any 1 term of claims 2-4 characterized by coming to prepare a means to heat said oxidizer for solid acid ghost form fuel cells, between said recuperator and said solid acid ghost form fuel cell.

[Claim 6] A combined system given in any 1 term of claims 2-5 characterized by coming to prepare Rhine which bypasses said solid acid ghost form fuel cell between said recuperator and the industrial process using said combustion.

[Claim 7] A combined system given in any 1 term of claims 2-6 characterized by coming to prepare Rhine which bypasses the industrial process using said combustion between said solid acid ghost form fuel cells and said recuperators.

[Claim 8] The industrial process using said combustion is a combined system given in any 1 term of claims 1-7 characterized by being a heating furnace.

[Claim 9] It comes to make the exhaust gas of a solid acid ghost form fuel cell into the oxidizer for industrial processes using combustion. It comes to prepare the recuperator which heats said oxidizer for solid acid ghost form fuel cells with the exhaust gas of the industrial process using said combustion. Between said recuperator and said solid acid ghost form fuel cell In the combined system of the solid acid ghost form fuel cell with which it comes to prepare a means to heat a means to supply low-temperature gas from said oxidizer for solid acid ghost form fuel cells discharged from said recuperator, or said oxidizer for solid acid ghost form fuel cells, and the industrial process using combustion The operating method of the combined system of the solid acid ghost form fuel cell characterized by controlling a means to supply the gas of said low temperature, or said means to heat, according to the oxidizer temperature which said solid acid ghost form fuel cell needs, and the industrial process using combustion.

[Claim 10] It comes to make the exhaust gas of a solid acid ghost form fuel cell into the oxidizer for industrial processes using combustion. It comes to prepare the recuperator which heats said oxidizer for solid acid ghost form fuel cells with the exhaust gas of the industrial process using said combustion. It comes to prepare Rhine which bypasses said solid acid ghost form fuel cell between said recuperator and the industrial process using said combustion. In the combined system of the solid acid ghost form fuel cell with which it comes to prepare Rhine which

bypasses the industrial process using said combustion between said solid acid ghost form fuel cells and said recuperators, and the industrial process using combustion It responds to the oxidizer flow rate which the industrial process using said solid acid ghost form fuel cell and said combustion needs. The operating method of the combined system of the solid acid ghost form fuel cell characterized by controlling Rhine which bypasses the industrial process using Rhine which bypasses said solid acid ghost form fuel cell, or said combustion, and the industrial process using combustion.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention uses mutually exhaust heat with a solid acid ghost form fuel cell and the industrial process using combustion in more detail about the combined system and its operating method of a fuel cell and the industrial process using combustion, and relates to the combined system which raises overall efficiency, and its operating method.

[0002]

[Description of the Prior Art] A solid acid ghost form fuel cell (it is indicated also as "SOFC" below Solid Oxide Fuel Cell:) is a fuel cell which attaches a porous electrode in the both sides, supplies oxidizers (air, oxygen, etc.) to one side by making this into a septum at a fuel gas and another side side, using oxide ion conductivity solid electrolytes, such as yttria stabilized zirconia, as an electrolyte, and operates at about 1000 degrees C.

[0003] Since actuation and \*\* electrolyte are solid-states at the possibility of use of a carbon monoxide, and \*\* elevated temperature as \*\* high power and the possibility of achievement of high generating efficiency, and \*\* fuel gas in addition to hydrogen, SOFC has the descriptions, like there is no problem of electrolyte dissipation, and it attracts attention as a distributed energy source.

[0004] In recent years, along with the rise of the social request to a deployment of energy, the attempt which raises overall efficiency not only according to the improvement in effectiveness by the industrial process independent using a power plant or combustion but according to construction of the combined system (complex system) which combined 2 or more than it attracts attention, and desire of the improvement in the further overall efficiency is carried out also about SOFC which has high generating efficiency.

[0005] However, when it actually applied industrially, it was difficult to carry out continuation operation of the capacity balance of each component of a combined system in the condition of having kept it perfect in many cases, and there was a case where a bad influence attained to other components by making the service condition of the component of 1 suit.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] This invention is made in view of the above-mentioned matter, and it aims at offering the combined system which was excellent in overall efficiency including SOFC.

[0007] Moreover, this invention aims at offering suitably the combined system which can respond, and its operating method to the operating condition of each component.

[0008]

[Means for Solving the Problem] The exhaust gas with which this invention is discharged from SOFC is 800-1000 degrees C and an elevated temperature, and when it uses as a combustion air using combustion of an industrial process, it is completed by the controllable point suitably paying attention to a mutual service condition by establishing the point that improvement in overall efficiency can be aimed at, and a bypass line and a heating means.

[0009] That is, this invention is the combined system of the solid acid ghost form fuel cell characterized by coming to make the exhaust gas of a solid acid ghost form fuel cell into the

oxidizer for industrial processes using combustion, and the industrial process using combustion.

[0010] It is desirable to come to prepare the recuperator which heats said oxidizer for solid acid ghost form fuel cells with the exhaust gas of the industrial process using said combustion.

[0011] It is more desirable than said oxidizer for solid acid ghost form fuel cells discharged from said recuperator between said recuperator and said solid acid ghost form fuel cell to come to prepare a means to supply low-temperature gas.

[0012] As for a means to supply the gas of said low temperature, it is desirable that it is Rhine which bypasses said recuperator.

[0013] It is desirable to come to prepare a means to heat said oxidizer for solid acid ghost form fuel cells, between said recuperator and said solid acid ghost form fuel cell.

[0014] It is desirable to come to prepare Rhine which bypasses said solid acid ghost form fuel cell between said recuperator and the industrial process using said combustion.

[0015] It is desirable to come to prepare Rhine which bypasses the industrial process using said combustion between said solid acid ghost form fuel cells and said recuperators.

[0016] As for the industrial process using said combustion, it is desirable that it is a heating furnace.

[0017] Moreover, it comes to make this invention into the oxidizer for industrial processes with which the exhaust gas of a solid acid ghost form fuel cell uses combustion. It comes to prepare the recuperator which heats said oxidizer for solid acid ghost form fuel cells with the exhaust gas of the industrial process using said combustion. Between said recuperator and said solid acid ghost form fuel cell In the combined system of the solid acid ghost form fuel cell with which it comes to prepare a means to heat a means to supply low-temperature gas from said oxidizer for solid acid ghost form fuel cells discharged from said recuperator, or said oxidizer for solid acid ghost form fuel cells, and the industrial process using combustion It is the operating method of the combined system of the solid acid ghost form fuel cell characterized by controlling a means to supply the gas of said low temperature, or said means to heat, according to the oxidizer temperature which said solid acid ghost form fuel cell needs, and the industrial process using combustion.

[0018] Furthermore, it comes to make this invention into the oxidizer for industrial processes with which the exhaust gas of a solid acid ghost form fuel cell uses combustion. It comes to prepare the recuperator which heats said oxidizer for solid acid ghost form fuel cells with the exhaust gas of the industrial process using said combustion. It comes to prepare Rhine which bypasses said solid acid ghost form fuel cell between said recuperator and the industrial process using said combustion. In the combined system of the solid acid ghost form fuel cell with which it comes to prepare Rhine which bypasses the industrial process using said combustion between said solid acid ghost form fuel cells and said recuperators, and the industrial process using combustion It responds to the oxidizer flow rate which the industrial process using said solid acid ghost form fuel cell and said combustion needs. It is the operating method of the combined system of the solid acid ghost form fuel cell characterized by controlling Rhine which bypasses the industrial process using Rhine which bypasses said solid acid ghost form fuel cell, or said combustion, and the industrial process using combustion.

[0019]

[Embodiment of the Invention] The invention in this application is the combined system of the solid acid ghost form fuel cell with which the exhaust gas of SOFC is characterized by coming to consider as the oxidizer for industrial processes using combustion, and the industrial process using combustion.

[0020] It is the fuel cell characterized by SOFC operating at an elevated temperature, and the exhaust gas of SOFC is very also an elevated temperature with 800-1000 degrees C. For this reason, when the combined system using the exhaust gas of SOFC as an oxidizing agent for industrial processes using combustion is constituted, the direct use of the exhaust gas of SOFC can be carried out as an oxygen supply for combustion, without minding recuperator, and high overall efficiency can be attained.

[0021] The industrial process (for convenience a "combustion process" publication) using combustion is not limited especially if combustion is used, and it can apply various kinds of

means, such as a heating furnace, a combustion furnace, a boiler, a drying furnace, an air-heating furnace, and a chemical reaction furnace. [ Following explanation ]

[0022] Moreover, the exhaust gas of SOFC has the oxygen of 15 – 18 volume %, and the temperature of 800–1000 degrees C. For this reason, while SOFC and a combustion process can carry out direct use of the sensible heat of the exhaust gas of hot SOFC a combined \*\*\*\*\* case, it has the advantage that elevated-temperature combustion can be carried out in a combustion process. Elevated-temperature combustion is explained below.

[0023] The oxygen supply of a constant rate is required for combustion, and the oxygen density more than about 18 volume % is usually needed. However, above 800 degrees C, it can be in the combustion condition called elevated-temperature combustion, and can burn also under hypoxia concentration under the situation concerned, and the heat transfer effectiveness is high and it has the description of being effective also in reduction of nitrogen oxides (NOx).

[0024] The exhaust gas of SOFC is equipped with 800–1000 degrees C, an oxygen density 15 – 18 volume %, and the conditions suitable for elevated-temperature combustion as mentioned above. Therefore, even if it is the case where it is directly used as an oxidizer for combustion processes, without adding heating using reforming and the heat exchanger of gas at all, the elevated-temperature combustion which has the above-mentioned description is attained. Moreover, it is large, and the sensible heat contains the residual fuel which was not utilized by SOFC, and is very useful as a source of supply of the oxidizer for combustion processes. That is, when the exhaust gas of SOFC is used as an oxidizing agent for combustion processes, it not only can raise overall efficiency as a combined system, but it can also raise the effectiveness of the combustion process itself by elevated-temperature combustion.

[0025] In order to raise the overall efficiency of a combined system more, it is desirable to prepare the recuperator which overheats the oxidizer for SOFC with the exhaust gas of a combustion process. recuperator -- various kinds, such as a countercurrent-heat-exchange machine and parallel flow heat exchange, -- they are not independent or the thing which can combine and use and is limited especially about well-known recuperator.

[0026] The mimetic diagram of 1 operation gestalt of the combined system which consists of SOFC, a combustion process, and recuperator is shown in drawing 1 . The fundamental flow of the gas in this combined system is explained below.

[0027] First, the oxidizer for SOFC is heated in recuperator 1, and SOFC2 is supplied. When actuation cost is taken into consideration, as for the oxidizer for SOFC, it is desirable that it is air, but it is not limited to air, and an oxygen density can be raised when the oxygen densities supplied to SOFC run short. Especially the supply approach of the oxidizing agent for SOFC is not limited, and can use various well-known techniques, such as a blower. The fuel-supply means 3 for SOFC is separately formed in SOFC2, and a generation of electrical energy is performed to it by the 900–1000-degree C cell reaction. In reforming of the fuel for SOFC, an external reforming means to use heat sources, such as an internal reforming means, heating furnace exhaust heat, SOFC exhaust heat, etc. using the fuel gas and SOFC heat of reaction after the generation-of-electrical-energy reaction in which a steam exists, can be established.

[0028] Especially the type of SOFC2 used for this invention is not limited, and cylindrical [ SOFC ], the flat-surface mold SOFC, etc. can use various kinds SOFC, and it can choose them suitably according to a use application and an installation environment.

[0029] The 800–1000-degree C exhaust gas discharged from SOFC is supplied to the combustion process 4 with the fuel for combustion processes as an oxidizer for combustion processes, and combustion is performed. Although a fuel oil, methane, coal, a propane, electric heat, etc. can be used and it can supply with the fuel-supply means 9 for combustion processes as a fuel for combustion processes, it is not limited especially.

[0030] The combustion process 4 can apply various means, such as a heating furnace, as described above, but in order to acquire the elevated-temperature combustion efficiency using the exhaust gas of hot SOFC, it is desirable to apply the combustion process which can perform elevated-temperature heat treatment of 800 degrees C or more. In addition, especially the upper limit of combustion temperature is not limited, and when asking for a higher combustion temperature, it should just make the fuel amount of supply increase. In addition, SOFC2 and the

combustion process 4 do not need to be another equipment, and it is good also as equipments, such as a generator burner which unified SOFC2 and the combustion process 4.

[0031] The hot combustion process exhaust gas discharged from the combustion process 4 is conveyed by recuperator 1, and it is used in order to heat the oxidizer for SOFC. When heat energy remains in the exhaust gas used in order to heat the oxidizer for SOFC, this heat energy may be reused further.

[0032] In the combined system concerning this invention, it is more desirable than the oxidizer for SOFC discharged from recuperator to establish a means to supply low-temperature gas. When such a supply means is established, when the oxidizer for SOFC heated by recuperator is more expensive than the oxidizer temperature which SOFC2 needs, low-temperature gas can be supplied, and the temperature of the oxidizer for SOFC can be lowered. It is not limited, especially if evil does not produce the gas of the low temperature supplied when operating SOFC, and air, oxygen, etc. are mentioned. A supply means can establish various well-known means, such as a blower, and also can form Rhine (bypass line A) 6 which bypasses recuperator as shown in drawing 1. When a bypass line is prepared, the configuration of a combined system can be simplified.

[0033] Moreover, it is desirable to establish the heating means 5 of the oxidizer for SOFC between recuperator 1 and SOFC2. When the temperature of the oxidizer for SOFC heated by recuperator 1 by the temperature which SOFC2 needs by installing the heating means 5 does not reach, the heating means 5 can be used and the temperature of the oxidizer for SOFC can be raised. A means to supply a fuel and to burn it in the oxidizer for SOFC as a heating means 5, a means to prepare and heat a heat exchanger further, etc. are mentioned. When supplying a fuel and burning it, the amount of oxygen supplied to SOFC2 will decrease, but in the oxidizer for SOFC, the oxygen of an excessive amount usually contains, and even if it uses oxygen for the temperature up which are dozens - 100 degrees C of numbers, there is no effect in a generation of electrical energy.

[0034] In addition, of course, it is also possible to prepare the both sides of a bypass line A and the heating means 5, and to build the combined system which can respond also when the oxidizing agent for SOFC heated by recuperator 1 is more expensive than oxidizing agent temperature required for SOFC2 and it is low. Moreover, although it is also possible to plan temperature control by flow control of the oxidizer for SOFC instead of establishing a bypass line A and the heating means 5, there is a case where correspondence becomes difficult depending on the oxidizer temperature for SOFC of a recuperator outlet side, in this case, and it is necessary to care about that the adaptation range is narrow.

[0035] It may be operated in the condition that the oxidizer flow rate for combustion processes and the amount of emission of SOFC which the combustion process 4 needs differ from each other on the occasion of operation of an actual combined system. If a service condition is doubled with the flow rate which one side needs at this time, the function of another side cannot fully be utilized but reduction in overall efficiency will be invited. Moreover, although the optimal operating point (the maximum effectiveness point) as a combined system is changed by change of the combustion process 4 or the service condition of SOFC2, fluctuation of a service condition with desirable especially rapid changing both service conditions frequently from a viewpoint of stable operation has a possibility of exerting a damage on SOFC2.

[0036] In order to supply the oxidizing agent which has not passed through SOFC2 in the combustion process 4 in order to solve this problem, it is desirable to form Rhine (bypass line B) 7 which bypasses SOFC between recuperator 1 and the combustion process 4. Thereby, lack of the oxidizer flow rate for combustion processes is suppliable.

[0037] From a viewpoint which raises thermal efficiency, although it is desirable to prepare between recuperator 1 and the heating means 5 (for it to be SOFC2 when the heating means 5 is not established) as for the recuperator side edge of a bypass line B, it may convey the oxidizer for SOFC before recuperator 1 is supplied depending on the installation environment and service condition of a combined system, and may convey the oxidizer for SOFC heated by the heating means 5.

[0038] Moreover, since it corresponds to the overage of the exhaust gas of SOFC, it is desirable



to form Rhine (bypass line C) 8 where a part of exhaust gas of SOFC bypasses the combustion process 4 between SOFC2 and recuperator 1.

[0039] From a viewpoint which raises thermal efficiency, the recuperator side edge of a bypass line C may be discharged as exhaust gas, without minding recuperator 1 depending on the installation environment and service condition of a combined system, although it is desirable to prepare between the combustion process 4 and recuperator 1.

[0040] It is desirable to prepare a valve in each bypass line and to control a quantity of gas flow. Thereby, a quantity of gas flow is quickly controllable so that overall efficiency becomes max to change of the operation condition of a combustion process and SOFC. Specifically, the possible rose fly valve of the rate control of closing motion which consists of heat-resisting material, such as stainless steel, a nickel alloy, and a ceramic, etc. can be prepared into a bypass line. Although gas conveyance Rhine, such as a bypass line, is not limited to these, it is good to connect with piping which connects each equipment by the bolt connection and weldbonding by the flange using ingredients, such as stainless steel which gave fireproof lining.

[0041] Although the combined system which has the above-mentioned configuration has the overall efficiency which was excellent even if it was the case where a facility was newly built, since it can use a conventional blower and recuperator when including in the existing combustion process, it has the advantage that a SOFC generation-of-electrical-energy system can be built by fewer plant-and-equipment investment. Moreover, the generating efficiency of the appearance of SOFC incorporated in this case can become 80% or more and the extremely excellent thing.

[0042] The operating method of the combined system which is applied to an operation of bypass lines A, B, and C below, and is applied to this invention at a list is explained.

[0043] Drawing 2 shows the condition that the whole quantity of the oxidizer for SOFC heated by recuperator 1 is used by SOFC2, and can carry out the maximum use of the exhaust heat of the combustion process 4, and the whole quantity of the exhaust gas of SOFC goes into the combustion process 4, when exhaust heat of the combustion process 4 is collected by recuperator 1. This condition is defined as a full balance condition. In the case of a full balance condition, overall efficiency becomes the highest.

[0044] However, it may be difficult to maintain a full balance condition depending on the combustion process 4 or the throughput of SOFC2, for example, there may be more oxidizer flow rates which the combustion process 4 needs than the oxidizer flow rate which SOFC2 needs. In this case, the insufficiency of the oxidizer flow rate which the combustion process 4 needs is suppliable by utilizing a bypass line B, as shown in drawing 3. As for a bypass line B, it is desirable to convey the air heated by recuperator 1 from a viewpoint which raises overall efficiency.

[0045] On the other hand, when there are few oxidizer flow rates which the combustion process 4 needs than the oxidizer flow rate which SOFC2 needs, the balance of the oxidizer flow rate which SOFC2 needs, and the oxidizer flow rate which the combustion process 4 needs can be maintained by utilizing a bypass line C, as shown in drawing 4. In this case, by conveying to recuperator 1 by the bypass line C, the part which is not conveyed by the combustion process 4 among the exhaust gas of SOFC can utilize effectively the sensible heat which the exhaust gas of SOFC has, and can control decline in overall efficiency.

[0046] As mentioned above, the flow can be controlled by using a bypass line B and a bypass line C, but since the case where a bypass line is not utilized serves as max, overall efficiency may adjust the service condition of SOFC in a certain amount of range, without utilizing a bypass line.

[0047] Moreover, when the temperature of the oxidizer for SOFC heated by recuperator 1 does not reach the temperature which SOFC2 needs, with the heating means 5, the oxidizer for SOFC can be heated and the temperature of the oxidizer for SOFC can be raised (drawing 5). On the contrary, when the temperature of the oxidizing agent for SOFC heated by recuperator 1 is higher than the temperature which SOFC2 needs, the temperature of the oxidizing agent for SOFC can be lowered by using a bypass line A (drawing 6).

[0048] In operation of the combined system concerning this invention, bypass-line A-C, a

heating means, etc. which were mentioned above are freely combinable.

[0049] Moreover, the method of giving directions to a bypass line A and a heating means so that the temperature of the oxidizing agent for SOFC may turn into temperature which SOFC needs based on the information acquired from the thermo sensor formed near the SOFC side outlet of recuperator as the control approach of a combined system is mentioned. As the control approach of a bypass line B and a bypass line C, the required amount of oxidizing agents is computed from the operation command to a combustion process and SOFC, and the method of giving directions to the valve prepared in Bypasses B and C based on this is mentioned.

[0050]

[Example] The energy balance of the combined system at the time of using a heating furnace as a combustion process is shown as compared with the energy balance in a SOFC simple substance, and the energy balance in a heating furnace simple substance.

[0051] < example: The energy balance of the combined system of SOFC when setting the combined system > slab heating heating value of SOFC and a heating furnace to 100 and a heating furnace is shown in drawing 7 . Thermal efficiency is following type (1): [0052].

[Equation 1]

$$\text{熱効率 (\%)} = \frac{\text{利用されたエネルギー}}{\text{供給されたエネルギー}} \times 100 \quad (1)$$

[0053] It could be alike, and could ask more, the thermal efficiency about a heating furnace was 68%, and the thermal efficiency about SOFC was 50%. Moreover, the thermal efficiency of the whole combined system was 70%.

[0054] The energy balance in the heating furnace simple substance when setting a <example of comparison 1:heating furnace simple substance> slab heating heating value to 100 is shown in drawing 8 . When thermal efficiency was searched for according to the above-mentioned formula (1), the thermal efficiency of a heating furnace was 68%.

[0055] The energy balance of SOFC when being based on the amount 24 of SOFC generations of electrical energy in the <example of comparison 2:SOFC simple substance> example 1 is shown in drawing 9 . When thermal efficiency was searched for according to the above-mentioned formula (1), the thermal efficiency of SOFC was 50%.

[0056] From the example and the example of a comparison, it was shown that the effectiveness of the combined system concerning this invention of an example is very excellent. The following type used as the index in the case of including SOFC in the existing heating furnace especially (2) : [0057]

[Equation 2]

$$\text{見かけの発電効率} = \frac{a}{b} \times 100 \quad (2)$$

[0058] The generating efficiency of the appearance of SOFC expressed with (a is electric generating power obtained when a combustion process is changed into a combined system among a formula, and b is the fuel increment at the time of changing a combustion process into a combined system) showed 83% and the extremely excellent numeric value.

[0059]

[Effect of the Invention] In the combined system of this invention, since the intact fuel in SOFC which can use the sensible heat of the exhaust gas of SOFC effectively since the exhaust gas of SOFC is used as an oxidizer for direct combustion processes, and remains in the exhaust gas of SOFC can be used, the overall efficiency of a combined system can be raised. Since a facility of the conventional blower, recuperator, etc. can be made to serve a double purpose when including in the existing combustion process especially, construction of a SOFC power generating plant with high overall efficiency is possible at little plant-and-equipment investment, and the generating efficiency of the appearance of SOFC at this time becomes 80% or more and the extremely excellent thing.

[0060] moreover, a combustion condition [ in / since the exhaust gas of SOFC is 800-1000 degrees C and an elevated temperature / a combustion process ] -- elevated-temperature combustion -- it can carry out -- \*\* -- effectiveness, such as uniform furnace heating,

reduction of NO<sub>x</sub> of which \*\* generation is done, and reduction of a fuel required for \*\* combustion, is acquired.

[0061] Furthermore, by establishing a bypass line and a heating means, the temperature of the oxidizer for SOFC and the oxidizer for combustion processes, a flow rate, and an oxygen density can be adjusted flexibly, and even if it is the case where the operating condition of SOFC or a combustion process changes, stable operation can be attained.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIP I are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the mimetic diagram of 1 operation gestalt of the combined system which consists of SOFC, a combustion process, and recuperator.

[Drawing 2] It is drawing showing the combined system in a full balance condition.

[Drawing 3] It is drawing showing the combined system in the condition of having used the bypass line B.

[Drawing 4] It is drawing showing the combined system in the condition of having used the bypass line C.

[Drawing 5] It is drawing showing the combined system in the condition of heating the air for SOFC using a heating means.

[Drawing 6] It is drawing showing the combined system in the condition of having used the bypass line A.

[Drawing 7] It is drawing showing the energy balance at the time of compounding SOFC and the heating furnace concerning this invention.

[Drawing 8] It is drawing showing the energy balance in a heating furnace simple substance.

[Drawing 9] It is drawing showing the energy balance in a SOFC simple substance.

[Description of Notations]

- 1 Recuperator
- 2 Solid Acid Ghost Form Fuel Cell (SOFC)
- 3 Fuel-Supply Means for SOFC
- 4 Combustion Process
- 5 Heating Means
- 6 Bypass Line A
- 7 Bypass Line B
- 8 Bypass Line C
- 9 Fuel-Supply Means for Combustion Processes

---

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-252003

(P2002-252003A)

(43)公開日 平成14年9月6日(2002.9.6)

(51)Int.Cl.'	識別記号	F I	テマコード(参考)
H 0 1 M 8/00		H 0 1 M 8/00	Z 3 K 0 6 5
F 2 3 C 11/00	Z A B	F 2 3 C 11/00	Z A B 5 H 0 2 6
	3 1 8		3 1 8 5 H 0 2 7
H 0 1 M 8/04		H 0 1 M 8/04	J
8/06		8/06	K
審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 8 頁) 最終頁に続く			

(21)出願番号 特願2001-47285(P2001-47285)

(22)出願日 平成13年2月22日(2001.2.22)

(出願人による申告) 国等の委託研究の成果に係る特許出願(平成12年度新エネルギー・産業技術総合開発機構委託研究、産業活力再生特別措置法第30条の適用を受けるもの)

(71)出願人 000006655

新日本製鐵株式会社

東京都千代田区大手町2丁目6番3号

(72)発明者 秋田 清司

東京都千代田区大手町2-6-3 新日本製鐵株式会社内

(72)発明者 井上 衛

千葉県富津市新富20-1 新日本製鐵株式会社技術開発本部内

(74)代理人 100072349

弁理士 八田 幹雄 (外4名)

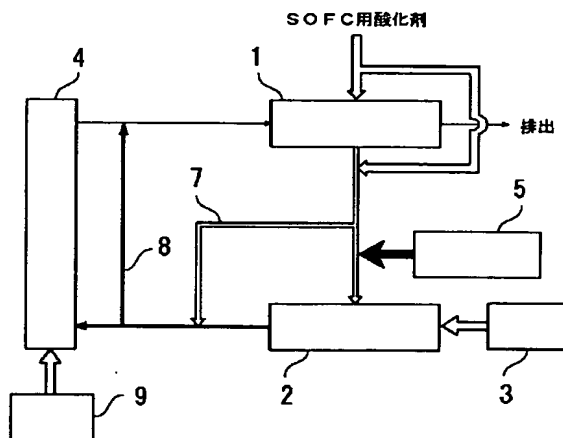
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 固体酸化物形燃料電池と燃焼を利用する産業プロセスとのコンバインドシステム

## (57)【要約】

【課題】 総合効率が優れ、操業条件に対して柔軟に対応可能な固体酸化物形燃料電池を含むコンバインドシステムおよびその運転方法を提供する。

【解決手段】 固体酸化物形燃料電池の排ガスが燃焼を利用する産業プロセス用酸化剤とされてなり、前記燃焼を利用する産業プロセスの排ガスで前記固体酸化物形燃料電池用酸化剤を加熱するレキュペレータが設けられてなり、前記レキュペレータをバイパスするライン、前記固体酸化物形燃料電池をバイパスするライン、前記産業プロセスをバイパスするラインまたは前記固体酸化物形燃料電池用酸化剤を加熱する手段が設けられてなるコンバインドシステム、およびその運転方法。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 固体酸化物形燃料電池の排ガスが、燃焼を利用する産業プロセス用酸化剤とされてなることを特徴とする固体酸化物形燃料電池と燃焼を利用する産業プロセスとのコンバインドシステム。

【請求項2】 前記燃焼を利用する産業プロセスの排ガスで前記固体酸化物形燃料電池用酸化剤を加熱するレキュベレータが設けられてなることを特徴とする請求項1に記載のコンバインドシステム。

【請求項3】 前記レキュベレータと前記固体酸化物形燃料電池との間に前記レキュベレータから排出される前記固体酸化物形燃料電池用酸化剤より低温のガスを供給する手段が設けられてなることを特徴とする請求項2に記載のコンバインドシステム。

【請求項4】 前記低温のガスを供給する手段は、前記レキュベレータをバイパスするラインであることを特徴とする請求項3に記載のコンバインドシステム。

【請求項5】 前記レキュベレータと前記固体酸化物形燃料電池との間に、前記固体酸化物形燃料電池用酸化剤を加熱する手段が設けられてなることを特徴とする請求項2～4のいずれか1項に記載のコンバインドシステム。

【請求項6】 前記レキュベレータと前記燃焼を利用する産業プロセスとの間に、前記固体酸化物形燃料電池をバイパスするラインが設けられてなることを特徴とする請求項2～5のいずれか1項に記載のコンバインドシステム。

【請求項7】 前記固体酸化物形燃料電池と前記レキュベレータとの間に、前記燃焼を利用する産業プロセスをバイパスするラインが設けられてなることを特徴とする請求項2～6のいずれか1項に記載のコンバインドシステム。

【請求項8】 前記燃焼を利用する産業プロセスは加熱炉であることを特徴とする請求項1～7のいずれか1項に記載のコンバインドシステム。

【請求項9】 固体酸化物形燃料電池の排ガスが燃焼を利用する産業プロセス用酸化剤とされてなり、前記燃焼を利用する産業プロセスの排ガスで前記固体酸化物形燃料電池用酸化剤を加熱するレキュベレータが設けられてなり、前記レキュベレータと前記固体酸化物形燃料電池との間に、前記レキュベレータから排出される前記固体酸化物形燃料電池用酸化剤より低温のガスを供給する手段または前記固体酸化物形燃料電池用酸化剤を加熱する手段が設けられてなる固体酸化物形燃料電池と燃焼を利用する産業プロセスとのコンバインドシステムにおいて、

前記固体酸化物形燃料電池の必要とする酸化剤温度に応じて、前記低温のガスを供給する手段または前記加熱する手段を制御することを特徴とする固体酸化物形燃料電池と燃焼を利用する産業プロセスとのコンバインドシ

テムの運転方法。

【請求項10】 固体酸化物形燃料電池の排ガスが燃焼を利用する産業プロセス用酸化剤とされてなり、前記燃焼を利用する産業プロセスの排ガスで前記固体酸化物形燃料電池用酸化剤を加熱するレキュベレータが設けられてなり、前記レキュベレータと前記燃焼を利用する産業プロセスとの間に前記固体酸化物形燃料電池をバイパスするラインが設けられてなり、前記固体酸化物形燃料電池と前記レキュベレータとの間に前記燃焼を利用する産業プロセスをバイパスするラインが設けられてなる固体酸化物形燃料電池と燃焼を利用する産業プロセスとのコンバインドシステムにおいて、前記固体酸化物形燃料電池および前記燃焼を利用する産業プロセスの必要とする酸化剤流量に応じて、前記固体酸化物形燃料電池をバイパスするラインまたは前記燃焼を利用する産業プロセスをバイパスするラインを制御することを特徴とする固体酸化物形燃料電池と燃焼を利用する産業プロセスとのコンバインドシステムの運転方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、燃料電池と燃焼を利用する産業プロセスとのコンバインドシステムおよびその運転方法に関し、より詳しくは、固体酸化物形燃料電池と燃焼を利用する産業プロセスとの排熱を互いに利用し、総合効率を向上させるコンバインドシステムおよびその運転方法に関する。

【0002】

【従来の技術】固体酸化物形燃料電池（Solid Oxide Fuel Cell：以下「SOFC」とも記載）は、電解質としてイットリア安定化ジルコニアなどの酸化物イオン導電性固体電解質を用い、その両面に多孔性電極を取り付け、これを隔壁として一方の側に燃料ガス、他方の側に酸化剤（空気、酸素等）を供給し、約1000℃で動作する燃料電池である。

【0003】SOFCは、①高出力および高発電効率の達成が可能、②燃料ガスとして水素に加え一酸化炭素の使用が可能、③高温で動作、④電解質が固体であるため電解質散逸の問題がない等の特徴を有し、分散型エネルギー源として注目されている。

【0004】近年においては、エネルギーの有効利用に対する社会的要請の高まりにつれ、発電装置や燃焼を利用する産業プロセス単独での効率向上のみならず、2またはそれ以上を組み合わせたコンバインドシステム（複合システム）の構築により総合効率を向上させる試みが注目されており、高い発電効率を有するSOFCについてもさらなる総合効率の向上が希求されている。

【0005】しかしながら、実際に工業的に応用した場合、コンバインドシステムの各構成要素の能力バランスを完全に保った状態で連続操作することは困難な場合が

多く、一の構成要素の運転条件に適合させることで他の構成要素に悪影響が及ぶ場合があった。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】本発明は上記事項に鑑みなされたものであり、SOFCを含み、総合効率の優れたコンバインドシステムを提供することを目的とする。

【0007】また本発明は、各構成要素の操業条件に対して好適に対応可能なコンバインドシステムおよびその運転方法を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は、SOFCから排出される排ガスは800～1000℃と高温であり、燃焼を利用する産業プロセスの燃焼用空気として利用した場合に総合効率の向上を図れる点、および、バイパスラインや加熱手段を設けることにより互いの運転条件を好適に制御可能な点に着目し完成されたものである。

【0009】即ち本発明は、固体酸化物形燃料電池の排ガスが、燃焼を利用する産業プロセス用酸化剤とされてなることを特徴とする固体酸化物形燃料電池と燃焼を利用する産業プロセスとのコンバインドシステムである。

【0010】前記燃焼を利用する産業プロセスの排ガスで前記固体酸化物形燃料電池用酸化剤を加熱するレキュベレータが設けられてなることが好ましい。

【0011】前記レキュベレータと前記固体酸化物形燃料電池との間に前記レキュベレータから排出される前記固体酸化物形燃料電池用酸化剤より低温のガスを供給する手段が設けられてなることが好ましい。

【0012】前記低温のガスを供給する手段は、前記レキュベレータをバイパスするラインであることが好ましい。

【0013】前記レキュベレータと前記固体酸化物形燃料電池との間に、前記固体酸化物形燃料電池用酸化剤を加熱する手段が設けられてなることが好ましい。

【0014】前記レキュベレータと前記燃焼を利用する産業プロセスとの間に、前記固体酸化物形燃料電池をバイパスするラインが設けられてなることが好ましい。

【0015】前記固体酸化物形燃料電池と前記レキュベレータとの間に、前記燃焼を利用する産業プロセスをバイパスするラインが設けられてなることが好ましい。

【0016】前記燃焼を利用する産業プロセスは加熱炉であることが好ましい。

【0017】また本発明は、固体酸化物形燃料電池の排ガスが燃焼を利用する産業プロセス用酸化剤とされてなり、前記燃焼を利用する産業プロセスの排ガスで前記固体酸化物形燃料電池用酸化剤を加熱するレキュベレータが設けられてなり、前記レキュベレータと前記固体酸化物形燃料電池との間に、前記レキュベレータから排出される前記固体酸化物形燃料電池用酸化剤より低温のガスを供給する手段または前記固体酸化物形燃料電池用酸化

剤を加熱する手段が設けられてなる固体酸化物形燃料電池と燃焼を利用する産業プロセスとのコンバインドシステムにおいて、前記固体酸化物形燃料電池の必要とする酸化剤温度に応じて、前記低温のガスを供給する手段または前記加熱する手段を制御することを特徴とする固体酸化物形燃料電池と燃焼を利用する産業プロセスとのコンバインドシステムの運転方法である。

【0018】さらに本発明は、固体酸化物形燃料電池の排ガスが燃焼を利用する産業プロセス用酸化剤とされてなり、前記燃焼を利用する産業プロセスの排ガスで前記固体酸化物形燃料電池用酸化剤を加熱するレキュベレータが設けられてなり、前記レキュベレータと前記燃焼を利用する産業プロセスとの間に前記固体酸化物形燃料電池をバイパスするラインが設けられてなり、前記固体酸化物形燃料電池と前記レキュベレータとの間に前記燃焼を利用する産業プロセスをバイパスするラインが設けられてなる固体酸化物形燃料電池と燃焼を利用する産業プロセスとのコンバインドシステムにおいて、前記固体酸化物形燃料電池および前記燃焼を利用する産業プロセスの必要とする酸化剤流量に応じて、前記固体酸化物形燃料電池をバイパスするラインまたは前記燃焼を利用する産業プロセスをバイパスするラインを制御することを特徴とする固体酸化物形燃料電池と燃焼を利用する産業プロセスとのコンバインドシステムの運転方法である。

【0019】

【発明の実施の形態】本願発明は、SOFCの排ガスが、燃焼を利用する産業プロセス用酸化剤とされてなることを特徴とする固体酸化物形燃料電池と燃焼を利用する産業プロセスとのコンバインドシステムである。

【0020】SOFCは高温で動作することを特徴とする燃料電池であり、SOFCの排ガスも800～1000℃と非常に高温である。このため、燃焼を利用する産業プロセス用酸化剤としてSOFCの排ガスをういたコンバインドシステムを構成した場合、レキュベレータを介さずに燃焼用酸素供給源としてSOFCの排ガスを直接使用でき、高い総合効率を達成できる。

【0021】燃焼を利用する産業プロセス（以下説明の便宜上「燃焼プロセス」とも記載）は、燃焼を利用するものであれば特に限定されるものではなく、加熱炉、燃焼炉、ボイラ、乾燥炉、熱風炉、化学反応炉など各種の手段を適用することができる。

【0022】また、SOFCの排ガスは、15～18体積%の酸素と800～1000℃の温度を有している。このため、SOFCと燃焼プロセスとをコンバインドさせた場合、高温のSOFCの排ガスの顕熱を直接利用できるとともに、燃焼プロセスにおいて高温燃焼を実施できるという利点を有する。以下高温燃焼について説明する。

【0023】燃焼には一定量の酸素供給が必要であり、通常約18体積%以上の酸素濃度が必要となる。しか

し、800℃以上では高温燃焼と呼ばれる燃焼状態となり、当該状況下においては、低酸素濃度下でも燃焼が可能であり、伝熱効果が高く、窒素酸化物( $\text{NO}_x$ )の低減にも有効という特徴を有する。

【0024】SOFCの排ガスは、上述したように800～1000℃、酸素濃度15～18体積%と、高温燃焼に適した条件を備えている。従って、何らガスの改質や熱交換器を用いた加熱を加えずに燃焼プロセス用酸化剤として直接使用した場合であっても上記特徴を有する高温燃焼が可能となる。また、顕熱が大きく、SOFCで活用されなかった残存燃料を含んでおり、燃焼プロセス用酸化剤の供給源として非常に有用である。即ち、SOFCの排ガスを燃焼プロセス用酸化剤として用いた場合は、コンバインドシステムとして総合効率を向上させることができるだけでなく、高温燃焼により燃焼プロセス自体の効率を向上させることもできる。

【0025】コンバインドシステムの総合効率をより高めるためには、燃焼プロセスの排ガスでSOFC用酸化剤を過熱するレキュベレータを設けることが好ましい。レキュベレータは、向流熱交換器、並流熱交換器などの各種公知のレキュベレータを単独または組み合わせて用いることができ、特に限定されるものではない。

【0026】SOFC、燃焼プロセスおよびレキュベレータからなるコンバインドシステムの一実施形態の模式図を図1に示す。該コンバインドシステムにおけるガスの基本的な流れを以下説明する。

【0027】まず、SOFC用酸化剤がレキュベレータ1において加熱され、SOFC2に供給される。作動コストを考慮するとSOFC用酸化剤は空気であることが好ましいが、空気に限定されるものではなく、SOFCへ供給される酸素濃度が不足する場合には酸素濃度を高めることができる。SOFC用酸化剤の供給方法は特に限定されるものではなく、ブロウ等各種公知技術を用いることができる。SOFC2には、別途SOFC用燃料供給手段3が設けられており、900～1000℃での電池反応により発電が行われる。SOFC用燃料の改質にあたっては、水蒸気が存在する発電反応後の燃料ガスおよびSOFC反応熱を利用する内部改質手段や、加熱炉排熱やSOFC排熱などの熱源を利用する外部改質手段を設けることができる。

【0028】本発明に使用されるSOFC2のタイプは特に限定されるものでなく、円筒型SOFC、平面型SOFCなど各種SOFCを使用することができ、使用用途や、設置環境に応じて適宜選択できる。

【0029】SOFCから排出された800～1000℃の排ガスは、燃焼プロセス用酸化剤として燃焼プロセス用燃料と共に燃焼プロセス4に供給され、燃焼が行われる。燃焼プロセス用燃料としては、重油、メタン、石炭、プロパン、電熱等を使用でき、燃焼プロセス用燃料供給手段9によって供給できるが、特に限定されるもの

ではない。

【0030】燃焼プロセス4は上記したように加熱炉等の各種手段を適用できるが、高温のSOFCの排ガスを利用した高温燃焼効果を得るためには800℃以上の高温熱処理を施しうる燃焼プロセスを適用することが好ましい。なお、燃焼温度の上限は特に限定されるものではなく、より高い燃焼温度を所望する場合には燃料供給量を増加させればよい。なお、SOFC2と燃焼プロセス4とは別装置でなくともよく、SOFC2と燃焼プロセス4とを一体化した発電機バーナーなどの装置としてもよい。

【0031】燃焼プロセス4から排出される高温の燃焼プロセス排ガスは、レキュベレータ1に搬送され、SOFC用酸化剤を加熱するために利用される。SOFC用酸化剤を加熱するために利用された排ガスに熱エネルギーが残存している場合は、さらにこの熱エネルギーを再利用してもよい。

【0032】本発明に係るコンバインドシステムにおいては、レキュベレータから排出されるSOFC用酸化剤より低温のガスを供給する手段を設けることが好ましい。このような供給手段を設けた場合、レキュベレータで加熱されたSOFC用酸化剤がSOFC2の必要とする酸化剤温度よりも高いときに低温のガスを供給し、SOFC用酸化剤の温度を下げるができる。供給される低温のガスはSOFCを作動させる上で弊害が生じないものであれば特に限定されるものではなく、空気や酸素などが挙げられる。供給手段は、ブロウ等各種公知手段を設けることができるほか、図1に示すようにレキュベレータをバイパスするライン(バイパスラインA)6を設けることができる。バイパスラインを設けた場合は、コンバインドシステムの構成を簡素化できる。

【0033】また、レキュベレータ1とSOFC2との間に、SOFC用酸化剤の加熱手段5を設けることが好ましい。加熱手段5を設置することにより、SOFC2が必要とする温度にレキュベレータ1で加熱されたSOFC用酸化剤の温度が達しない場合に、加熱手段5を用いてSOFC用酸化剤の温度を上げることができる。加熱手段5としては、SOFC用酸化剤中に燃料を供給し燃焼させる手段や、さらに熱交換器を設けて加熱する手段などが挙げられる。燃料を供給し燃焼させる場合には、SOFC2に供給される酸素量が減少することになるが、通常SOFC用酸化剤には過剰量の酸素が含有されており、数十～数百℃の昇温に酸素を使用しても発電には影響がない。

【0034】なお、バイパスラインAおよび加熱手段5の双方を設けて、レキュベレータ1で加熱されたSOFC用酸化剤がSOFC2に必要な酸化剤温度よりも高い時にも低い時にも対応可能なコンバインドシステムを構築することも勿論可能である。また、バイパスラインAおよび加熱手段5を設ける代わりに、SOFC用酸化剤



の流量調整により温度調節を図ることも可能であるが、この場合は、レキュベレータ出口側のSOF C用酸化剤温度によっては対応が困難となるケースがあり、適応範囲が狭いことに留意する必要がある。

【0035】実際のコンバインドシステムの操業に際しては、燃焼プロセス4の必要とする燃焼プロセス用酸化剤流量とSOF Cの排ガス流量とが異なる状態で操業される場合がある。このとき一方の必要とする流量に運転条件を合わせると、他方の機能を十分に活用することができず、総合効率の減少を招来する。また、燃焼プロセス4またはSOF C2の運転条件の変化によって、コンバインドシステムとしての最適運転点（最大効率点）が変動するが、安定操業の観点からは双方の運転条件が頻繁に変動することは好ましくなく、特に急激な運転条件の変動はSOF C2にダメージを及ぼす恐れがある。

【0036】この問題を解決するためには、燃焼プロセス4にSOF C2を経ていない酸化剤を供給するために、レキュベレータ1と燃焼プロセス4との間に、SOF Cをバイパスするライン（バイパスラインB）7を設けることが好ましい。これにより、燃焼プロセス用酸化剤流量の不足を補うことができる。

【0037】バイパスラインBのレキュベレータ側端は、熱効率を高める観点からはレキュベレータ1と加熱手段5（加熱手段5が設けられてない場合はSOF C2）との間に設けることが好ましいが、コンバインドシステムの設置環境や運転条件によっては、レキュベレータ1に供給される前のSOF C用酸化剤を搬送してもよく、加熱手段5によって加熱されたSOF C用酸化剤を搬送してもよい。

【0038】また、SOF Cの排ガスの過剰供給に対応するために、SOF C2とレキュベレータ1との間に、SOF Cの排ガスの一部が燃焼プロセス4をバイパスするライン（バイパスラインC）8を設けることが好ましい。

【0039】バイパスラインCのレキュベレータ側端は、熱効率を高める観点からは燃焼プロセス4とレキュベレータ1との間に設けることが好ましいが、コンバインドシステムの設置環境や運転条件によっては、レキュベレータ1を介さずに排ガスとして排出してもよい。

【0040】各バイパスラインには弁を設けてガス流量を制御することが好ましい。これにより、燃焼プロセスとSOF Cとの操業状態の変化に対して総合効率が最大になるようにガス流量を迅速に制御することができる。具体的には、ステンレス、ニッケル合金、セラミック等の耐熱材料からなる開閉率制御の可能なバンプライ弁などをバイパスライン中に設けうる。バイパスラインなどのガス搬送ラインは、これらに限定されるものではないが、耐火ライニングを施したステンレスなどの材料を用いて、各装置を繋ぐ配管にフランジによるボルト接合や溶接接合により接続するとよい。

【0041】上記構成を有するコンバインドシステムは、新たに設備を構築する場合であっても優れた総合効率を有するが、既存の燃焼プロセスに組み込む場合には、従来のブロワやレキュベレータを利用することができ、より少ない設備投資でSOF C発電システムを構築できるという利点を有する。またこの場合、組み込まれたSOF Cの見かけの発電効率は80%以上と極めて優れたものとなり得る。

【0042】以下に、バイパスラインA、BおよびCの作用、並びに本発明に係るコンバインドシステムの運転方法について説明する。

【0043】図2は、燃焼プロセス4の排熱をレキュベレータ1で回収したとき、レキュベレータ1で加熱されたSOF C用酸化剤の全量がSOF C2で用いられ、燃焼プロセス4の排熱を最大限利用でき、かつ、SOF Cの排ガスの全量が燃焼プロセス4に入る状態を示す。この状態を完全バランス状態と定義する。完全バランス状態の場合に総合効率は最も高くなる。

【0044】しかし、燃焼プロセス4またはSOF C2の処理能力によっては完全バランス状態を保つことが困難な場合があり、例えば、SOF C2が必要とする酸化剤流量より燃焼プロセス4が必要とする酸化剤流量の方が多い場合がある。この場合は、図3に示すようにバイパスラインBを活用することにより、燃焼プロセス4が必要とする酸化剤流量の不足分を補うことができる。バイパスラインBは総合効率を高める観点からはレキュベレータ1で加熱された空気を搬送することが好ましい。

【0045】一方、SOF C2が必要とする酸化剤流量より燃焼プロセス4が必要とする酸化剤流量の方が少ない場合には、図4に示すようにバイパスラインCを活用することにより、SOF C2が必要とする酸化剤流量と燃焼プロセス4が必要とする酸化剤流量とのバランスを保つことができる。この場合、SOF Cの排ガスのうち燃焼プロセス4に搬送されない部分は、バイパスラインCによってレキュベレータ1に搬送することにより、SOF Cの排ガスの持つ顕熱を有効に活用でき、総合効率の低下を抑制することができる。

【0046】上述したようにバイパスラインBおよびバイパスラインCを用いることによって、流量調整が可能であるが、総合効率はバイパスラインを活用しない場合が最大となるので、ある程度の範囲ではバイパスラインを活用せずにSOF Cの運転条件を調整してもよい。

【0047】また、レキュベレータ1で加熱されたSOF C用酸化剤の温度が、SOF C2が必要とする温度に達しない場合は、加熱手段5によってSOF C用酸化剤を加熱し、SOF C用酸化剤の温度を上げることができる（図5）。逆に、レキュベレータ1で加熱されたSOF C用酸化剤の温度が、SOF C2が必要とする温度より高い場合は、例えばバイパスラインAを用いることによりSOF C用酸化剤の温度を下げることもできる（図

6)。

【0048】本発明に係るコンバインドシステムの運転にあたっては、上述したバイパスラインA～C、加熱手段等を自由に組み合わせることができる。

【0049】また、コンバインドシステムの制御方法としては、レキュベレータのSOFC側出口近傍に設けられた温度センサーから得られる情報に基づき、SOFC用酸化剤の温度がSOFCの必要とする温度になるようバイパスラインAや加熱手段に指示を与える方法が挙げられる。バイパスラインBおよびバイパスラインCの制御方法としては、燃焼プロセスおよびSOFCに対する

操作指令から必要な酸化剤量を算出し、これに基づきバイパスBおよびCに設けられた弁に指示を与える方法が\*

$$\text{熱効率 (\%)} = \frac{\text{利用されたエネルギー}}{\text{供給されたエネルギー}} \times 100 \quad (1)$$

【0053】により求めることができ、加熱炉についての熱効率は68%であり、SOFCについての熱効率は50%であった。また、コンバインドシステム全体の熱効率は70%であった。

【0054】＜比較例1：加熱炉単体＞鋼片加熱熱量を100とした時の加熱炉単体でのエネルギーバランスを図8に示す。上記式(1)に従って熱効率を求めたところ、加熱炉の熱効率は68%であった。

【0055】＜比較例2：SOFC単体＞実施例1におけるSOFC発電量24を基準としたときの、SOFCのエネルギーバランスを図9に示す。上記式(1)に従って熱効率を求めたところ、SOFCの熱効率は50%であった。

【0056】実施例および比較例より、実施例の本発明に係るコンバインドシステムの効率は非常に優れていることが示された。特に、既存の加熱炉にSOFCを組み込む場合の指標となる、下記式(2)：

【0057】

【数2】

$$\text{見かけの発電効率} = \frac{a}{b} \times 100 \quad (2)$$

【0058】(式中、aは燃焼プロセスをコンバインドシステムに変更した場合に得られる電気出力であり、bは燃焼プロセスをコンバインドシステムに変更した場合の燃料増加分である)で表されるSOFCの見かけの発電効率は83%と極めて優れた数値を示した。

【0059】

【発明の効果】本発明のコンバインドシステムにおいては、SOFCの排ガスを直接燃焼プロセス用酸化剤として用いているためSOFCの排ガスの顕熱を有効に利用でき、また、SOFCの排ガス中に残存するSOFCでの未使用燃料を利用できるため、コンバインドシステムの総合効率を向上させることができる。特に、既存の燃焼プロセスに組み込む場合には、従来のブロウ、レキュベレータなどの設備を兼用できるため、少ない設備投資

\* 挙げられる。

【0050】

【実施例】燃焼プロセスとして加熱炉を用いた場合のコンバインドシステムのエネルギーバランスを、SOFC単体でのエネルギーバランスおよび加熱炉単体でのエネルギーバランスと比較して示す。

【0051】＜実施例：SOFCと加熱炉とのコンバインドシステム＞鋼片加熱熱量を100とした時のSOFCと加熱炉とのコンバインドシステムのエネルギーバランスを図7に示す。熱効率は、下記式(1)：

【0052】

【数1】

で総合効率の高いSOFC発電プラントの建設が可能であり、このときのSOFCの見かけの発電効率は80%以上と極めて優れたものとなる。

【0060】また、SOFCの排ガスは800～1000℃と高温であるため、燃焼プロセスにおける燃焼状態を高温燃焼とすることができ、①均一な炉加熱、②生成するNOxの低減、③燃焼に必要な燃料の削減、といった効果が得られる。

【0061】さらに、バイパスラインや加熱手段を設けることにより、SOFC用酸化剤および燃焼プロセス用酸化剤の温度、流量、酸素濃度を柔軟に調整でき、SOFCや燃焼プロセスの操作条件が変化する場合であっても安定操作を達成できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 SOFC、燃焼プロセスおよびレキュベレータからなるコンバインドシステムの一実施形態の模式図である。

【図2】 完全バランス状態にあるコンバインドシステムを示す図である。

【図3】 バイパスラインBを使用した状態にあるコンバインドシステムを示す図である。

【図4】 バイパスラインCを使用した状態にあるコンバインドシステムを示す図である。

【図5】 加熱手段を用いてSOFC用空気を加熱している状態にあるコンバインドシステムを示す図である。

【図6】 バイパスラインAを使用した状態にあるコンバインドシステムを示す図である。

【図7】 本発明に係る、SOFCと加熱炉とを複合させた場合のエネルギーバランスを示す図である。

【図8】 加熱炉単体でのエネルギーバランスを示す図である。

【図9】 SOFC単体でのエネルギーバランスを示す図である。

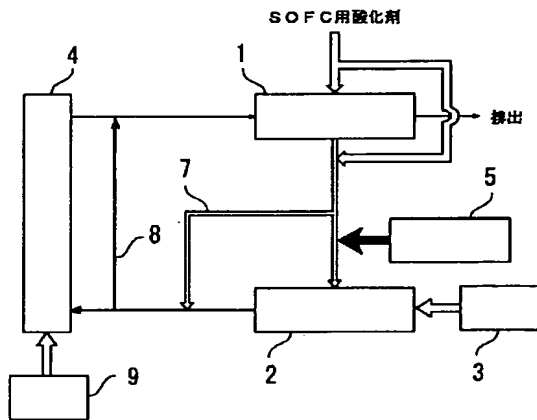
【符号の説明】

1 レキュベレータ

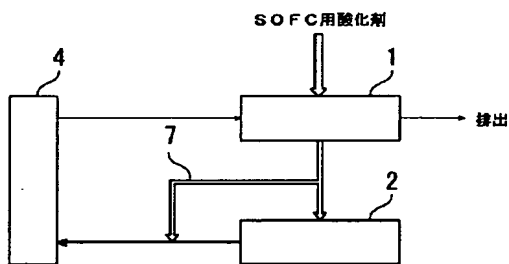
11

- 2 固体酸化物形燃料電池 (SOFC)  
 3 SOFC用燃料供給手段  
 4 燃焼プロセス  
 5 加熱手段

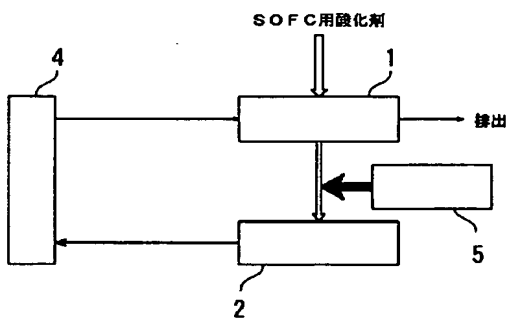
【図1】



【図3】



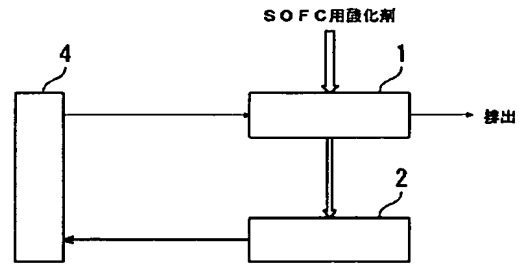
【図5】



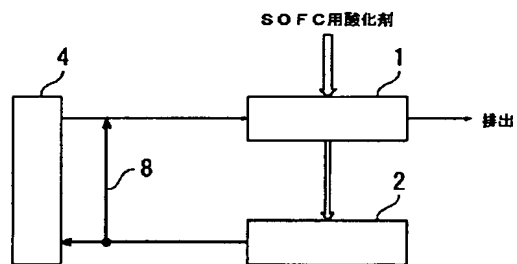
12

- \* 6 バイパスラインA  
 7 バイパスラインB  
 8 バイパスラインC  
 \* 9 燃焼プロセス用燃料供給手段

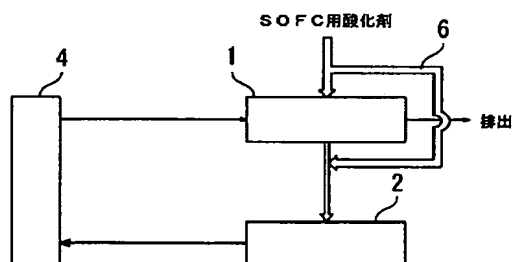
【図2】



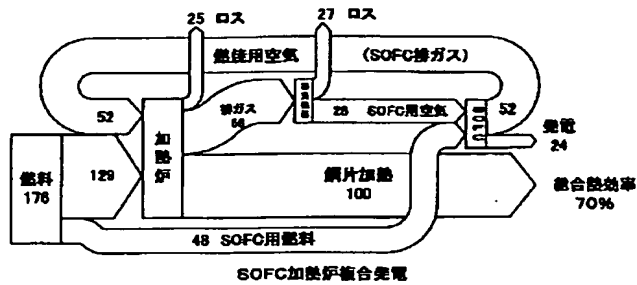
【図4】



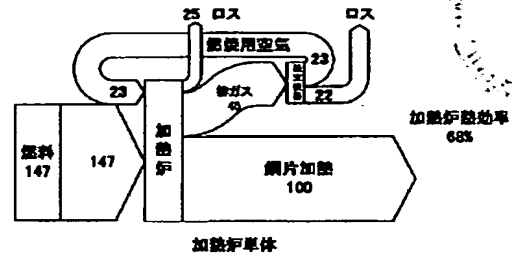
【図6】



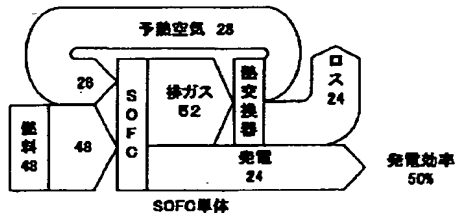
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>  
H01M 8/12

識別記号

F I  
H01M 8/12

テーマコード (参考)

(72)発明者 宿利 清巳  
東京都千代田区大手町2-6-3 新日本  
製鐵株式会社内  
(72)発明者 石橋 洋一  
東京都千代田区大手町2-6-3 新日本  
製鐵株式会社内

(72)発明者 福島 岳夫  
東京都千代田区大手町2-6-3 新日本  
製鐵株式会社内  
Fターム(参考) 3K065 TA01 TB13 TC00 TC01 TC03  
TC05 TD04 TD05 TD06 TL02  
5H026 AA06  
5H027 AA06 DD00 MM01